

PEMANFAATAN KULIT TELUR SEBAGAI KATALIS BIODISEL DARI MINYAK SAWIT DAN METANOL

Mahreni¹ dan Endang Sulistyawati

Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
Jl. SWK No. 104 Lingkar Utara Condong Catur Yogyakarta (55283)

Abstrak

Ekonomi berbasis hidrogen belum dapat direalisasikan pada saat ini karena beberapa hambatan di antaranya belum tersedianya infrastruktur dan belum ekonomis. Sementara hidrogen belum dapat tersedia, biodisel merupakan bahan bakar terbarukan banyak mendapatkan perhatian untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Perkembangan sintesis biodiesel memfokuskan kepada efisiensi produksi dan mengurangi efek negatif terhadap lingkungan. Dalam penelitian ini telah dilakukan produksi biodiesel dari minyak sawit menggunakan katalis padat kalsium oksida (CaO) yang dibuat dari kulit telur. Tujuan penelitian ini untuk mempelajari kinerja katalis dalam reaksi transesterifikasi minyak sawit dan metanol dengan mempelajari pengaruh perbandingan katalis/minyak pada perbandingan minyak:metanol tetap terhadap ester yang dihasilkan. Penelitian dilakukan melalui tahap kalsinasi kulit telur untuk menghasilkan CaO. Tahap berikutnya adalah mengaplikasikan CaO yang dihasilkan sebagai katalis biodiesel. Suhu kalsinasi terbaik di antara 700-900°C dan setelah digunakan sebagai katalis menghasilkan ester >90% pada suhu 60°C selama 1 jam. Dari data penelitian dapat disimpulkan bahwa kulit telur dapat dimanfaatkan sebagai katalis yang mempunyai aktivitas yang tinggi dalam reaksi transesterifikasi minyak sawit dan metanol.

Kata kunci : Kalsinasi, katalis padat, transesterifikasi.

1. Pendahuluan.

Pada tahun 2050 diperkirakan akan terjadi pergeseran ekonomi dari ekonomi berbasis energi fosil ke ekonomi berbasis hidrogen. Hidrogen terbukti sangat ramah lingkungan karena hasil pembakaran hidrogen hanya air dan tidak menghasilkan CO₂, NO_x, SO_x (Mahreni et al, 2011). Hambatan komersialisasi hidrogen ialah pada saat ini belum ekonomis (harga hidrogen relatif lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar fosil) dan pemerintah pada saat ini belum menyediakan infrastruktur untuk mendistribusikan hidrogen. Biodisel merupakan bahan bakar terbarukan berbentuk cair pada saat ini banyak mendapat perhatian karena pemanfaatan biodiesel tidak harus membangun infrastruktur baru dan harga biodiesel hampir sama dengan bahan bakar fosil. Penelitian mengenai biodiesel difokuskan kepada usaha untuk mengurangi dampak lingkungan dan efisiensi produksi.

Katalis homogen (asam anorganik seperti asam sulfat dan NaOH) yang selama ini digunakan sebagai katalis dalam produksi biodiesel berdampak negatif terhadap peralatan mesin dan lingkungan. Usaha yang telah dilakukan untuk mengurangi dampak negatif katalis homogen diantaranya adalah menggunakan katalis heterogen. Penelitian sebelumnya telah dilakukan dalam pembuatan biodiesel dari minyak jelantah (*waste cooking oil*, WCO) menggunakan katalis asam padat (SiO₂-Nafion). Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis asam padat (Nafion/SiO₂) berperan sebagai katalis untuk reaksi esterifikasi asam dalam minyak jelantah menjadi ester dan ester dari asam ini dapat meningkatkan perolehan biodisel (Mahreni & Setyoningrum, 2010).

Dalam penelitian ini dicoba memproduksi biodiesel dari minyak sawit menggunakan katalis padat CaO yang terkandung di dalam kulit telur ayam. Dari literatur diketahui bahwa kandungan CaCO₃ di dalam kulit telur sekitar 94 % berat (Stadelman, 2000), dan sisanya adalah magnesium karbonat, kalsium fosfat dan bahan organik. Oleh karena itu dapat diharapkan bahwa kulit telur dapat digunakan sebagai sumber CaO yang mempunyai kemurnian tinggi sehingga mampu berperan sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi minyak dan metanol menjadi biodiesel. Sumber bahan baku (kulit telur) tersedia cukup banyak dan pada saat ini hanya dibuang (belum dimanfaatkan), oleh karena itu memanfaatkan kulit telur sebagai katalis merupakan usaha yang cukup relevan untuk meningkatkan nilai ekonomi kulit telur dan mengurangi beban lingkungan. Sebagai

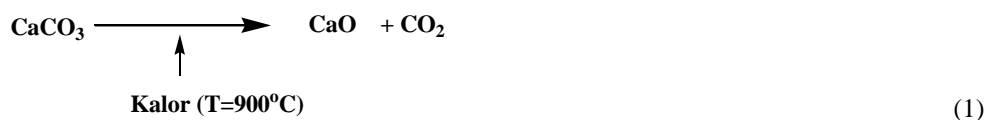
¹ Korespondensi: mahreni_03@yahoo.com

gambaran, produksi telur ayam ras di Indonesia pada 2009 sebesar 1.071.398 ton. Jika rata-rata berat telurnya 60 gram maka kulit telur yang dihasilkan dalam setahun adalah 107.139 ton. Berat itu setara dengan 100.710,66 ton kalsium karbonat, 4.285,56 ton magnesium karbonat dan 1.339,25 ton kalsium fosfat. Komposisi kulit telur ditampilkan pada Tabel 1. (Stadelman, 2000).

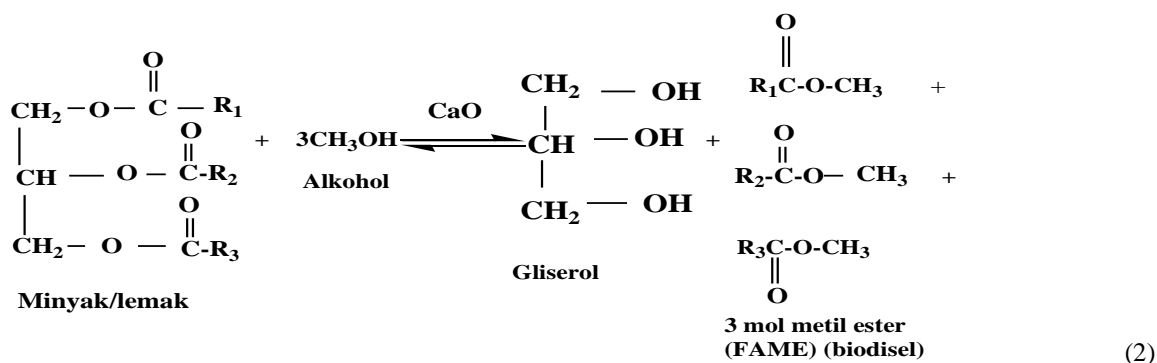
Tabel 1. Komposisi kulit telur

Komponen	% berat
Kalsium karbonat	94
Magnesium karbonat	1
Kalsium fosfat	1
Bahan organik	4

Penelitian ini dilakukan melalui dua tahap yaitu: (i) kalsinasi kulit telur dengan tujuan merubah kalsium karbonat CaCO_3 menjadi kalsium oksida (CaO) dengan cara kalsinasi pada suhu 900°C . Proses kalsinasi merubah kalsium karbonat menjadi kalsium oksida sesuai dengan persamaan reaksi (1).



(ii) aplikasi CaO sebagai katalis untuk memproduksi biodiesel dari minyak sawit dan metanol dengan memvariasi ratio katalis/minyak (berat/berat) dan waktu reaksi. Persamaan reaksi transesterifikasi minyak sawit dengan metanol dengan bantuan kalsium oksida dapat dilihat dibawah ini (persmaan 2).



Karakterisasi dilakukan terhadap sampel hasil kalsinasi dan kinerja katalis dipelajari dengan menganalisis biodiesel yang dihasilkan dengan tujuan untuk mengetahui metil ester yang terbentuk. Analisis ester menggunakan GC (*gas chromatogravy*).

2. Metodologi.

Dalam metodologi dijelaskan mengenai alat dan bahan, cara penelitian dan karakterisasi struktur CaO dan karakterisasi sifat fisis-kimia biodiesel.

2.1 Bahan dan alat-alat:

Bahan yang digunakan adalah kulit telur ayam, minyak kelapa sawit dan metanol 96%. Alat-alat dalam penelitian ini: Oven atmosferis, blender, ayakan 200 mesh, furnace (thermolyne 1200°C), seperangkat peralatan gelas, labu leher tiga dilengkapi dengan pengaduk, pendingin balik dan termometer, pemanas listrik, corong pemisah dan kertas saring.

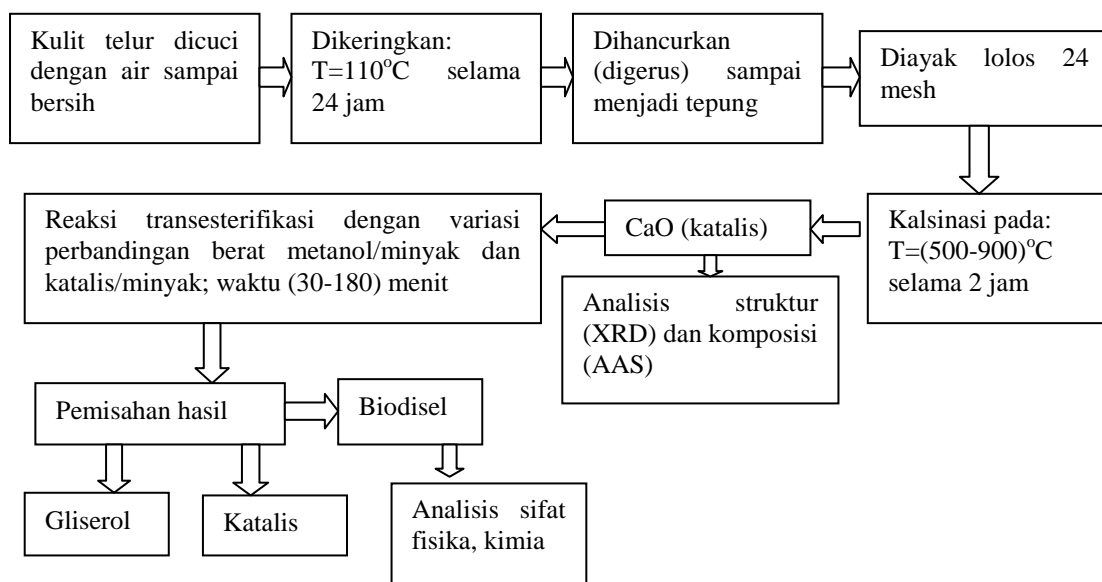
2.2 Cara penelitian

Kulit telur dicuci sampai bersih kemudian dikeringkan di dalam oven selama 24 jam pada suhu 110°C (sampai berat konstan). Kulit telur kering dihancurkan sampai menjadi tepung. Untuk menyeragamkan ukuran, tepung diayak dan yang lolos ayakan dengan ukuran 200 mesh digunakan sebagai bahan baku pembuatan katalis.

Selanjutnya tepung kulit telur dikalsinasi di dalam furnace dengan suhu 900°C selama 2 jam untuk menghasilkan CaO. Struktur CaO yang dihasilkan dianalisis menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) pada sudut 2θ ($5-30^{\circ}$).

Kalsium oksida yang dihasilkan digunakan sebagai katalis dalam produksi biodiesel dengan bahan baku minyak sawit dan metanol. Minyak sawit 109 ml (100 gram) dicampur dengan metanol 48 ml (38 gram). Ke dalam campuran minyak dan metanol ditambahkan CaO dengan perbandingan CaO/minyak (1/100; 3/100; 6/100; 8/100 dan 10/100) (berat/berat). Campuran tersebut dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang dilengkapi dengan pengaduk, termometer dan pendingin balik. Waktu reaksi divariasi (60-180) menit.

Setelah waktu reaksi tertentu reaksi dihentikan dan campuran reaksi didiamkan sehingga terbentuk dua lapisan yaitu lapisan atas (biodiesel atau *free fatty acid methyl nesther*, FAME) dan lapisan bagian bawah adalah lapisan gliserol terdiri dari (minyak yang tidak bereaksi, gliserol dan katalis). Lapisan atas dipisahkan dan ditimbang sebagai produk biodiesel. Untuk lebih jelas, cara penelitian digambarkan dalam diagram alir proses seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses produksi biodiesel menggunakan katalis CaO dari kulit telur.

2.3. Karakterisasi.

Karakterisasi dilakukan terhadap sampel CaO hasil kalsinasi dan analisis kinerja katalis dengan menganalisis sifat fisika- kimia terhadap biodiesel yang dihasilkan dan persen perolehan biodiesel.

2.3.1 Karakterisasi CaO.

Karakterisasi dilakukan untuk mempelajari struktur CaO (kristalinitas) hasil kalsinasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) (*XRD Shimadzu type XD-3H, Cu Ka radiation*) dengan observasi dilakukan pada sudut 2θ ($5-50$) derajat. Selain struktur (kristalinitas) komposisi Ca dan Mg dalam bahan padat hasil kalsinasi dianalisis menggunakan penganalisis serapan atom (AAS, *Perkin Elmer 2380*).

2.3.2 Karakterisasi biodiesel.

Analisis sifat kimia biodiesel dilakukan dengan GC (*Gas Chromatography*) untuk mengetahui apakah pada lapisan biodiesel sudah terbentuk metil ester. Analisis sifat fisis meliputi spesifik gravit (ASTM D 1298), kekentalan (ASTM D 445), titik tuang (ASTM D 97) dan *flash point* (ASTM D 93). Hasil analisis dibandingkan dengan spesifikasi biodiesel komersial.

3. Hasil dan pembahasan.

Pembahasan hasil penelitian terhadap hasil kalsinasi dalam pembuatan katalis dan pembahasan kinerja katalis sebagai katalis reaksi transesterifikasi minyak sawit dan metanol.

3.1 Hasil kalsinasi kulit telur.

Hasil analisis XRD pada temperatur kalsinasi 900°C menunjukkan puncak-puncak runcing yang tersebar pada sudut di antara sudut 2θ ($20-50^{\circ}$) membuktikan bahwa komponen CaO mempunyai struktur kristal. Pola XRD hasil kalsinasi pada temperatur ($500-900$) $^{\circ}\text{C}$ akan dibahas lebih lanjut pada makalah berikutnya.

Pembentukan CaO juga dapat dilihat dari perubahan berat sampel sebelum dan sesudah kalsinasi dengan asumsi bahwa telah terjadi reaksi dekomposisi sesuai dengan persamaan reaksi (1). Perubahan berat sampel disebabkan oleh pelepasan CO_2 dari molekul CaCO_3 . Perubahan berat sampel dapat dilihat pada tabel 2, dipengaruhi oleh temperatur kalsinasi. Semakin tinggi temperatur kalsinasi, berat sampel semakin kecil karena semakin banyak CO_2 yang dilepaskan. Dari hasil pengamatan secara langsung serbuk hasil kalsinasi pada temperatur (800-900) $^\circ\text{C}$ berwarna putih sesuai dengan spesifikasi CaO. Hasil kalsinasi pada temperatur (200) $^\circ\text{C}$ berwarna kuning dan kalsinasi pada temperatur (300-700) $^\circ\text{C}$ berwarna kehitaman. Warna kehitaman disebabkan oleh abu bahan organik yang terkandung di dalam kulit telur. Pada temperatur kalsinasi di atas 700 $^\circ\text{C}$ abu bahan organik telah terdekomposisi dan terlepas dari permukaan CaO sehingga warna hitam berubah menjadi putih. Dari data hasil pengamatan dan hasil analisis XRD dapat disimpulkan bahwa temperatur kalsinasi terbaik adalah 900 $^\circ\text{C}$ menghasilkan kristal CaO. Untuk menentukan sifat aktivitas katalis CaO tes dilakukan dengan mencampur bubuk CaO dengan aquades dan pH larutan diukur. Hasil pengukuran pH didapatkan pada sampel hasil kalsinasi temperatur (200) $^\circ\text{C}$ pH larutan masih netral (pH = 7). Hal ini disebabkan karena pada temperatur 200 $^\circ\text{C}$ dekomposisi kalsium karbonat belum terjadi. Kalsium karbonat tidak larut dalam air sehingga apabila ditambah dengan air, tidak menghasilkan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan pH larutan sama dengan pH air (netral). Sampel hasil kalsinasi pada temperatur kalsinasi (800-900) $^\circ\text{C}$ apabila dilarutkan di dalam aquades, pH larutan berturut-turut 12 dan 14 (sangat basa) karena banyak CaO yang terlarut CaO lebih mudah larut dalam air). Hal ini membuktikan bahwa CaO sudah terbentuk dan di dalam air menghasilkan larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Semakin tinggi temperatur, CaO yang dihasilkan semakin banyak dan pH larutan semakin tinggi.

Tabel 2. Hubungan antara temperatur kalsinasi dan berat sampel sesudah kalsinasi berat sampel mula-mula 20 gram.

No	Temperatur kalsinasi ($^\circ\text{C}$)	Berat sampel sesudah kalsinasi (gr)	% berat sampel hilang
1	200	19,8467	0,7665
2	300	16,9505	15,2475
3	400	15,3396	23,302
4	500	13,1493	34,2535
5	600	12,5175	37,4125
6	700	11,9458	40,271
7	800	11,6318	41,841
9	900	10,4962	47,519

3.2 Hasil reaksi transesterifikasi.

Reaksi transesterifikasi dilakukan dengan memvariasi waktu reaksi terhadap % berat biodiesel (berat metil ester/berat minyak) dan analisis sifat fisis dan kimia metil ester.

3.2.1 Pengaruh variabel waktu reaksi.

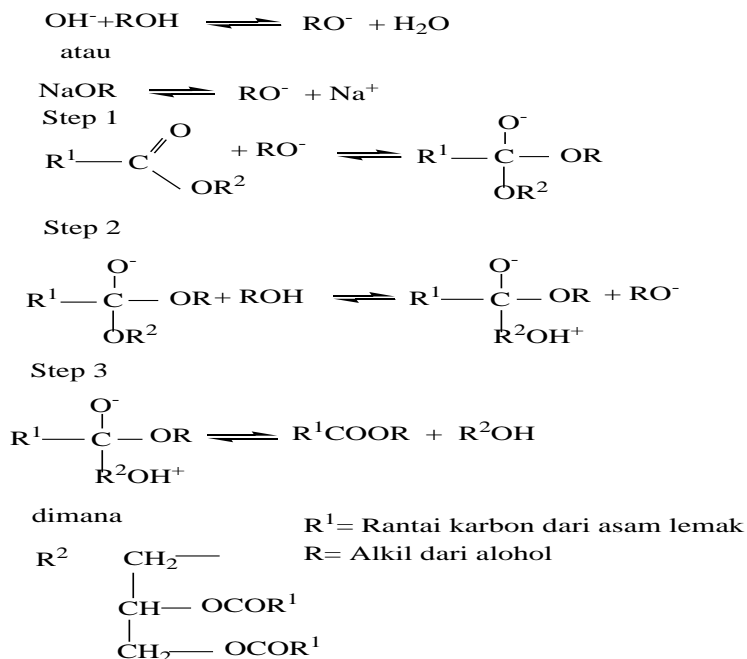
Berat minyak 100 gram, berat metanol 60 gram dan berat katalis tetap 10 gram. Waktu divariasi (30, 60, 90, 120, 150 dan 180) menit. Hasil pengukuran berat metil ester/minyak mula-mula ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hubungan waktu reaksi dan persen berat metil ester/minyak.

No.	Waktu reaksi (menit)	% berat metil ester
1	60	92,42
2	90	93,99
4	120	95,12
5	150	96,99
5	180	99,41

Tabel 3 menunjukkan bahwa semakin lama waktu reaksi, metil ester yang didapat semakin banyak. Pada waktu reaksi 180 menit menghasilkan metil ester tertinggi 99,41%. Hal ini membuktikan bahwa katalis CaO merupakan katalis dengan aktivitas tinggi dalam reaksi transesterifikasi minyak dan metanol, disebabkan karena CaO yang dihasilkan dari kulit telur mempunyai kemurnian tinggi dan merupakan basa kuat. Mekanisme reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa dapat dilihat pada Gambar 2. Secara detail mekanisme reaksi transesterifikasi dalam suasana basa dapat dijelaskan melalui beberapa step: (1) sebelum reaksi berlangsung terjadi ikatan antara katalis dan trigliserida, (2) ion alkoksida menyerang karbon karbonil dari molekul trigliserida

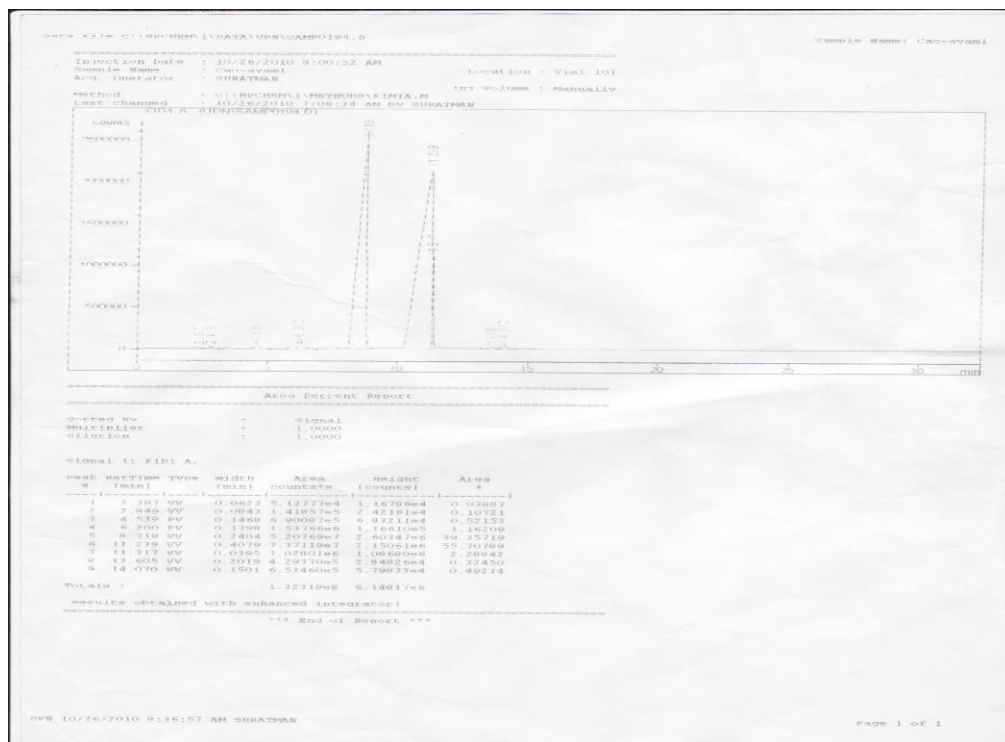
menghasilkan komponen hasil antara, (3) reaksi komponen hasil antara dengan molekul alkohol menghasilkan ion alkoksida, (4) penyusunan kembali komponen hasil antara menghasilkan ester dan gliserol (Enweremadu & Mbarawa, 2009).



Gambar 2. Mekanisme reaksi transesterifikasi menggunakan katalis basa.

3.2.2 Analisis sifat kimia menggunakan GC.

Hasil analisis GC terhadap lapisan metil ester yang dihasilkan pada temperatur reaksi 60°C, berat katalis 10 gram berat minyak 100 gram dan berat metanol 60 gram, waktu reaksi 60 menit ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil analisis GC metil ester.

Puncak-puncak yang menandakan metal ester Nampak pada waktu retensi 20,511 menit dan 23,026 menit.

3.2.3 Uji sifat fisika biodiesel.

Hasil uji sifat fisis biodiesel dari kondisi terbaik ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Sifat fisis biodiesel.

No.	Parameter	Hasil analisis	Standar Biodisel Indonesia
1	Spesifik graviti	0,87	Maks. 0,89
2	Kekentalan, cSt	4,68	2,3-6,0
3	Titik beku, °C	-9	Maks. 13
4	Titik nyala, °C	145	Min. 100

Dari Tabel 4. Dapat disimpulkan bahwa sifat fisis biodiesel yang dihasilkan memenuhi persyaratan biodiesel komersial.

Ucapan terima kasih.

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Indri Asyani dan Lies Ratu Kinasih yang telah membantu selama penelitian ini berlangsung.

Daftar pustaka.

Enweremadu, C.C & Mbarawa, M.M., (2009), “*Technical aspects of production and analysis of biodiesel from used cooking oil—A review*”. Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews 13, 2205–2224.

Mahreni dan Tutik Muji Setyoningrum., (2010), “*Produksi Biodisel dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Asam padat (Nafion/SiO₂)*” Eksergi Vol. X No 2, hal. 52-57.

Mahreni, A.B. Mohamad, A.A.H. Khadum and W.R.W. Daud., (2011), “*Nanocomposite Electrolyte for PEMFC Application*, In Boreddy S. R. Reddy (Ed) “., *Advances in Nanocomposites - Synthesis, Characterization and Industrial Applications*”, ISBN 978-953-307-165-7, InTech, Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia.

Stadelman, W.J., (2000), “Eggs and Egg Products”, In Francis, F.J (Ed), *Encyclopedia of Food Science and Technology*, second ed, John Wiley and Sons, New York, pp. 593-599.